

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-358127

(43)Date of publication of application : 13.12.2002

(51)Int.Cl.

G05D 7/06

F16K 31/02

G01F 1/00

G01F 1/692

H01L 21/205

(21)Application number : 2001-167075

(71)Applicant : ESASHI MASAKI
HIRATA KAORU

(22)Date of filing : 01.06.2001

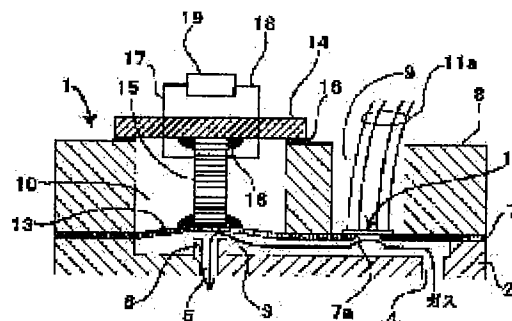
(72)Inventor : ESASHI MASAKI
HIRATA KAORU

(54) CORROSION-RESISTANT INTEGRATED MASS FLOW CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a corrosion-resistant integrated mass flow controller which can control the flow rate of a corrosive gas, is integrated into a small size and has a high speed responsiveness.

SOLUTION: In this controller, a main body composed of a body 2, a plate 7 and a fixing block 8 is formed of corrosion-resistant materials consisting of stainless materials, and the surfaces of a pair of detection resistances of a mass flow rate sensor 11 are protected with an AlN film. A mass flow rate is detected by the pair of detection resistances, and the driving voltage of a valve actuator 12 is controlled based on the detected signal, so that the flow rate of the corrosive gas is controlled.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-358127
(P2002-358127A)

(43)公開日 平成14年12月13日(2002.12.13)

(51)Int.CL ⁷	識別記号	F I	サーチコード(参考)
G 0 5 D 7/06		G 0 5 D 7/06	Z 2 F 0 3 0
F 1 6 K 31/02		F 1 6 K 31/02	A 2 F 0 3 5
G 0 1 P 1/00		G 0 1 P 1/00	X 3 H 0 6 2
1/692		H 0 1 L 21/205	5 F 0 4 5
H 0 1 L 21/205		G 0 1 F 1/68	1 0 4 B 5 H 3 0 7
		審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 10 頁)	

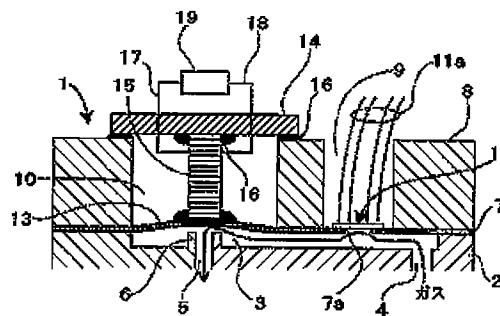
(21)出願番号	特願2001-167075(P2001-167075)	(71)出願人	000167989 江刺 正喜 宮城県仙台市太白区八木山南1丁目11番地 9
(22)出願日	平成13年6月1日(2001.6.1)	(71)出願人	501219286 平田 薫 宮城県仙台市太白区桜木町25-20 グリー ンハイツ101
特許法第30条第1項適用申請有り 2001年5月29日~30 日 社団法人電気学会主催の「第18回『センサ・マイク ロマシンと応用システム』シンポジウム」において文書 をもって発表		(72)発明者	江刺 正喜 宮城県仙台市太白区八木山南1丁目11-9
		(74)代理人	100082876 弁理士 平山 一幸 (外1名)

(54) 【発明の名称】 耐腐食性集積化マスフローコントローラ

(57)【要約】

【課題】 腐食性ガスの流量制御ができ、小形に集積化されており、かつ高速応答性を有する耐腐食性集積化マスフローコントローラを提供する。

【**解決手段**】 ステンレス材からなる耐腐食性材料により、ボディ2、プレート7、固定用ブロック8からなる本体を形成するとともに、**置置流量センサ1**の一对の検出抵抗の表面を**A1N膜**によって保護し、一对の検出抵抗によって**置置流量**を検知し、この検出信号を基に、**バルブアクチュエータ12**の駆動電圧を制御し、腐食性ガスの**流量**を制御する。



(3)

特開2002-358127

3

を備えた本体と、前記ガス流路の上流側、下流側に臨む配置に設けられた一対の検出抵抗を備え、ガス流路を流れるガスによる冷却作用によって生じる一対の検出抵抗の抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出する質量流量センサと、前記本体内のガス流路の開度を調整するマイクロバルブと、前記質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブに駆動信号を供給する駆動信号系にフィードバックしてマイクロバルブによるガス流路の開度を制御し、前記ガス流路を流れるガスの流量制御を行う制御系と、を有することを特徴とするものである。

【0010】この発明によれば、本体を耐腐食性材料により形成するとともに、質量流量センサにおける一対の検出抵抗の前記ガス流路を流れるガスによる冷却作用によって生じる抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出し、質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブに駆動信号を供給する駆動信号系にフィードバックしてマイクロバルブによるガス流路の開度を制御するように構成し、かつ、小形に集積しているので、腐食性ガスの流量コントロールにも適用でき、かつ、優れた高速応答性を発揮させることができる。

【0011】請求項2記載の発明の集積化マスフローコントローラは、ステンレススチールにより形成されるとともに、ガスを流入させるガス流入口とガスを流出させるガス流出口と、ガス流入口、ガス流出口の間を連通するガス流路とを備えた本体と、前記ガス流路の上流側、下流側に臨む配置に設けられた一対の薄膜抵抗を備え、ガス流路を流れるガスによる冷却作用によって生じる一対の薄膜抵抗の抵抗値の変化を利用して前記ガスの質量流量を検出する質量流量センサと、前記ガス流出口側にバルブシートと対向して設けたダイヤフラム部と積層型ピエゾセラミックスとを一体化したバルブアクチュエータとを有し、バルブアクチュエータのオン動作でダイヤフラム部をバルブシートへ接近または接触し、前記本体内のガス流路の開度を調節するノーマリオープン型のマイクロバルブと、前記質量流量センサの検出信号を、マイクロバルブのバルブアクチュエータに駆動信号を供給する駆動信号系にフィードバックして、マイクロバルブによるガス流路の開度を制御し、前記ガス流路を流れるガスの質量流量を一定に制御する制御系とを有することを特徴とするものである。

【0012】この発明によれば、ステンレススチールにより本体を形成しているので、請求項1記載の発明と同様、耐腐食性に優れ、腐食性ガスの流量コントロールにも適用できる。また、質量流量センサ及びダイヤフラム部と積層型ピエゾセラミックスとを一体化したバルブアクチュエータによって、ガスの質量流量の制御を行う際

4

化マスフローコントローラの小型集積化が可能である。

【0013】請求項3記載の発明は、請求項2記載の集積化マスフローコントローラにおいて、ガス流路の上流側、下流側に臨む配置に設けられた一対の薄膜抵抗が、ガス流路側に腐食性ガスに対して耐腐食性を有するアルミニウムナイトライド（AlN）膜を備えていることを特徴とするものである。

【0014】この発明によれば、一対の薄膜抵抗のガス流路側に、アルミニウムナイトライド膜を備えていることから、とくに、質量流量センサの耐食性を高めることができる。

【0015】請求項4記載の発明は、請求項2記載の集積化マスフローコントローラにおいて、前記積層型ピエゾセラミックスが高温用のものが用いられ、前記積層型ピエゾセラミックスとダイヤフラム部とは無機系耐腐食性接着剤による接着によって一体化されていることを特徴とするものである。

【0016】この発明によれば、積層型ピエゾセラミックスを高温用のものとし、積層型ピエゾセラミックスとダイヤフラム部とを無機系耐腐食性接着剤により一体化しているので、ステンレススチールからなる本体及びマイクロバルブの耐熱性を向上させ、ベーク可能な耐腐食性集積化マスフローコントローラを実現できる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態について詳細に説明する。図1は本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラ1の構造を示す概略断面図であり、図2は耐腐食性集積化マスフローコントローラ1のバルブアクチュエータ12のオン動作時を示す部分概略断面図である。

【0018】この耐腐食性集積化マスフローコントローラ1は、ステンレススチール製で略直方体形状のボディ2と、ステンレススチール製のプレート7及びステンレススチール製の略直方体形状の固定用ブロック8とを接合配置して構成している。

【0019】ボディ2の上面には、ガス流路を形成する凹部3が設けられ、このボディ2の下方から凹部3に連通するガス流入口4、ガス流出口5が設けられ、さらにこのガス流出口5の上部側にバルブシート部6が形成されている。

【0020】固定用ブロック8には、前記ガス流入口4の近傍位置となる配置でセンサ配置穴9が形成され、また、前記バルブシート部6及びその周辺に臨む位置にアクチュエータ穴10が形成されている。センサ配置穴9内には、前記プレート7の一部に開口した孔部7aに臨ませて、詳細は後述するガスの質量流量を検出する質量

vi

12及びダイヤフラム部13からなり、アクチュエータ穴10内にバルブアクチュエータ12及びダイヤフラム部13が配置されている。ダイヤフラム部13は、前記アクチュエータ穴10内におけるプレート7のバルブシート部6に臨む部分からなる。

【0022】バルブアクチュエータ12は、固定用ブロック8のアクチュエータ穴10を覆うようにして配置したバイレックス（登録商標）ガラスからなる蓋体14の下面に、直方体状に形成した積層型ピエゾセラミックス15の上端をエポキシ系接着剤16により接着するとともに、この積層型ピエゾセラミックス15の下端をエポキシ系接着剤16を用いて前記ダイヤフラム部13の上面側に接着することにより構成されている。また、蓋体14と固定用ブロック8との接触部もエポキシ系接着剤16により接着されている。

【0023】前記エポキシ系接着剤16の替わりに、歯科接着用の無機系耐腐食性接着剤であるレジンセメントを使用するとともに、積層型ピエゾセラミックス15を高温用のものとするにより、耐腐食性集積化マスフローコントローラ1をベーク可能なものとする事ができる。

【0024】バルブアクチュエータ12の積層型ピエゾセラミックス15には、一対のリード線17、18を介して制御系19が接続され、制御系19は、質量流量設定値と後述の質量流量センサ11の検出質量流量とから定まる直差電圧を、積層型ピエゾセラミックス15へ印加する。

【0025】このような耐腐食性集積化マスフローコントローラ1の構成により、前記ガス流入口4から流入し、質量流量センサ11により質量流量が検出され、制御回路20によって適切な電圧がピエゾセラミックス15に印加され、バルブシート部6とダイヤフラム部13との間隔が調整されて、ガス流出口5から外部へ流出するガスの質量流量が制御される。

【0026】また、図2に示すように、積層型ピエゾセラミックス15は電圧を印加したとき伸びるように設計されており、積層型ピエゾセラミックス15を最大変位させたときは、ダイヤフラム部13をバルブシート部6に押し付けてガスのガス流路を閉じるように構成している。一方、図1に示すように、積層型ピエゾセラミックス15に電圧を印加しないときは、ダイヤフラム部13とバルブシート部6との間のガスのガス流路を開ける（ノーマリオープン）ように構成している。

【0027】次に、図3乃至図6を参照して質量流量センサ11について説明する。図3は質量流量センサ11のマイクロマシニング技術による製造工程を示す工程説

【0028】以下、質量流量センサ11の製造工程を図4を参照して説明する。まず、縦横各20mm、厚さ150μmのステンレススチールのプレート7を用意し（図4（1））、このプレート7上に1μmのAlN（アルミニウムナイトライド）膜31を400℃、N₂雰囲気下で反応性スパッタリングにより成膜する（図4（2））。

【0029】次にフォトリソグラフィによりフォトレジストをパターンニング後、Cr/Pt/Cr（30nm/50nm/30nm）をEB（電子ビーム）蒸着により成膜し、リフトオフ・プロセスにより一対のプラチナ製の薄膜抵抗33a、33b、コンタクト部33c、33dを有する抵抗パターン32を形成する（図4（3））。

AlN膜31を支えるため、抵抗パターン32の上からTEOS（Tetra-Ethoxy-Silane）を用いたプラズマCVDにより9μmのSiO₂膜33を成膜し（図4（4））、フォトリソグラフィを行った後にバッファード・フッ酸によりSiO₂膜34をエッチングして取り出し電極形成のためのパターンニングをする（図4（5））。プラズマCVDによる成膜方法は、成膜されたSiO₂膜34の残留応力が小さいため選択した。

【0030】最後に、裏面側にフォトリソグラフィを行った後に、ステンレススチールからなるプレート7をエッチングして（図4（6））孔部7aを形成し、SiO₂膜/Cr/Pt/Cr/AlN膜からなる薄膜抵抗33a、33bを孔部7aに臨ませてガス流路を形成する。

【0031】このようにして製造された質量流量センサ11の長さ及び幅の寸法例を図4に示し、その断面構造を図5に示す。また、質量流量センサ11における薄膜抵抗33a、33bの拡大形状を図6に示す。

【0032】図4、図5に示す質量流量センサ11は、マイクロマシニング技術により耐腐食性材料を用いて製作される。マイクロマシニング技術により小型化された質量流量センサ11は、質量流量センサ自身の熱容量が非常に小さくなるため高感度且つ高速応答が可能となる。

【0033】センサであるプラチナ製の薄膜抵抗33a、33bは、温度によって抵抗が変化し、抵抗値から温度がわかる。薄膜抵抗33a、33bに適当な電流を流すことにより一定温度に加熱して使用する。また、薄膜抵抗33a、33bの周辺にガスを流すと、薄膜抵抗33a、33bがともに冷却される。薄膜抵抗からガスへの熱量の移動量（H）は、キング（King）の式により下記数1のように表される。

【0034】

4

(5) 特開2002-358127

7

度であり、A及びBは定数である。すなわち、ガスはガス流の上流側の薄膜抵抗33aから熱量を得て温度が上昇するから、薄膜抵抗からガスへの熱量の移動量が上流と下流の薄膜抵抗33a、33bでは異なり、薄膜抵抗33a、33bの温度、すなわち抵抗値が異なってくる。ガス流の下流側の薄膜抵抗33bと上流側の薄膜抵抗33aとの温度差、すなわち抵抗値差は、質量流量に依存し、例えばホイートストンブリッジ回路を用いてそれぞれのセンサの抵抗値の変化を測定することにより前記温度差を検出可能であり、この温度差から質量流量の検出が可能である。

【0036】また、前記薄膜抵抗33a、33bは、1μmのAlN膜31及び9μmのSiO₂膜33でサンドイッチ状に挟まれ、ダイヤフラムを形成しており、AlN膜31はフッ素や塩素等の腐食性のあるハロゲンガスに対し耐腐食性を有するため、孔部3a（ガス流路）側にAlN膜31面を配置している。

【0037】次に、上記の質量流量センサを用いた制御系について説明する。図7は、耐腐食性集積化マスフローコントローラの制御系を示す回路構成例を示す図である。この制御系は、抵抗R₁、R₂と質量流量センサ11の薄膜抵抗33a、33bとによりホイートストンブリッジ回路を構成し、このホイートストンブリッジ回路に定電圧源45から定電圧を供給し、ホイートストンブリッジ回路の出力を、比較器41、増幅器42を介して増幅し（センサ出力）、流量設定信号46と加算し、この加算した出力を信号増幅器44を介して増幅し、バルブアクチュエータ12に供給する、閉ループ制御回路である。

【0038】また、耐腐食性集積化マスフローコントローラ自身の温度が著しく変動する環境で使用する場合には、制御系として定温度差制御系を使用することができる。図7に示した制御系においては、薄膜抵抗に定電圧を供給して、すなわち定電圧制御している。しかしながら、定電圧制御を用いると、薄膜抵抗周辺温度が著しく上昇すると薄膜抵抗値が著しく上昇し、消費電力が減少するため、制御系の感度が悪くなるという課題がある。この課題を解決するために、定温度差制御を用いることができる。図8は、耐腐食性集積化マスフローコントローラの定温度差制御系の回路構成例を示す図である。この制御系は、ブリッジ抵抗にフィードバックをかけることにより、周辺温度に影響を受けずに常にセンサの温度を一定範囲に保つことができ、制御系の感度が悪くなることはない。

【0039】またさらに、高精度に質量流量制御するためには、測温測定用薄膜抵抗を有した質量流量センサを

8

膜抵抗を有する質量流量センサの構成を示す図である。この質量流量センサは、図4の質量流量センサに比べ、測温測定用の薄膜抵抗33c、及び33dを有している。この構成によれば、測温測定用の薄膜抵抗33c、及び33dは流量検出用の薄膜抵抗33a、33bと同一の部材で形成するので、抵抗温度係数が等しい。測温測定用の薄膜抵抗33c、及び33dの抵抗値変化から測温を検出し、制御系にフィードバックすることによって、測温に影響されずに高精度に質量流量を制御することができる。

【0040】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラによれば、ステンレス材から構成しているので、Si半導体プロセスで使用されるハロゲンガスによって腐食されることなく使用することができる。また、質量流量センサのガスに接触する面は、AlNで構成されているので、Si半導体プロセスで使用されるハロゲンガスによって腐食されることなく使用することができる。また、マイクロバルブ、バルブアクチュエータ、質量流量センサが微小体積中に一体に集積されているから無効体積が少なく、高速動作が可能である。また、制御系に定温度制御系を用いれば、測温変化によって制御系の感度が低下することがない。また、測温測定用薄膜抵抗を有する質量流量センサを用いれば、測温変化に影響されることなく高精度の質量流量制御ができる。さらに、ステンレス材を用いているので溶接が可能であり、ステンレス配管との結合が容易となる。

【0041】以下に、本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの特性評価結果を示す。

(1) 耐腐食性

図10の(a)及び(b)は、C1₂ガスを耐腐食性集積化マスフローコントローラ1に流す前と、C1₂ガスを流し質量流量センサ11を6時間動作させた後の質量流量センサ11の写真である。C1₂ガスを流した後も、質量流量センサ11の表面には特に変化が確認されなかったことから、本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの耐腐食性を確認することができた。なお、ステンレス部材には当然ながら、何ら変化は見られなかった。

【0042】(2) 質量流量制御特性

C1₂ガス(40kPa)を用いて評価された耐腐食性集積化マスフローコントローラの電圧-流量特性を図11に示す。図11において、横軸は電圧(V)、縦軸はフローレート(SCCM)を示す。C1₂ガスの流量は耐腐食性集積化マスフローコントローラのガス入力側に取り付けられた市販の質量流量計により測定した。また、バルブアクチュエータ12は100Vの電圧で、約

4

特開2002-358127

10

入口流通穴52a、ガス流路、バルブシート61。出口流通穴52bを経て、ガスアウトレット72から図示しない配管系に流出するようになっている。

【0050】マイクロバルブを構成するダイヤフラム部56及び質量流量を測定する既述した実施の形態の場合と同様な構成からなる質量流量センサ56は、プレート53に取り付けられる。また、固定用ブロック54上に配置した板状のバイレックスガラスからなる蓋体84により支持され、固定用ブロック54内に配置する流量調整用のバルブアクチュエータ57としては、既述した実施の形態と同様、高速且つ大きな駆動力を持つ積層型ピエゾセラミックスを採用した。

【0051】バルブアクチュエータ67として用いる積層型ピエゾセラミックスとダイヤフラム部55とをエポキシ樹脂により接着した後、100Vの高電圧を印加し、積層型ピエゾセラミックスを伸長させたままエポキシ樹脂を硬化させる。エポキシ樹脂が完全に硬化した後に電圧を切ると、積層型ピエゾセラミックスが元の長さに戻り、この結果、ダイヤフラム部55とバルブシート61との間にわずかなギャップが形成されノーマリオープンタイプの構造とすることができる。

【0052】ボディ52、プレート53、固定用ブロック54の固定構造は、ボディ52の四隅にねじ孔81を螺設し、プレート53の四隅にもねじ孔81に対応する配置で抜穴82を穿設し、固定用ブロック54の四隅にも前記ねじ孔81に対応する配置でボルト孔83を穿設し、固定用ブロック54及びプレート53を、4本のボルト59を用いてボディ52にねじ止め固定するものである。

【0053】この集積化マスフローコントローラ50において、バルブアクチュエータ57に適切な電圧を加えると、このバルブアクチュエータ57が伸長し、図16に示すようにダイヤフラム部55がバルブシート61と接触して、ガス流路を流れるガスの流れが止まる。また、バルブアクチュエータ57に対する電圧の供給を停止すれば、バルブアクチュエータ57が元の長さに戻り、再びガス流路のガスの流れが始まる。

【００５４】このように構成した集積化マスフローコントローラ５０によれば、既述した集積化マスフローコントローラ５０の場合と同様、質量流量の制御を確実に行うことができ、腐食性ガスに対する耐食性に優れ、小サイズ化及び集積化により高速応答性を発揮させることができる。また、高速応答で腐食性ガスの質量流量をコントロールすることが必要な高度半導体製造プロセスに適用することも可能である。

✓

(7)

特開2002-358127

11

12

ることができる。また、質量流量センサの耐食性の向上を図り、また、マイクロバルブの耐熱性の向上を図り、腐食性ガスを含む広範な種類のガスにも適用可能な集積化マスフローコントローラを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの構造を示す概略断面図である。

【図2】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラのバルブアクチュエータのオン動作時を示す部分概略断面図である。

【図3】本発明の質量流量センサのマイクロマシニング技術による製造工程を示す工程説明図である。

【図4】本発明の質量流量センサの平面図である。

【図5】本発明の質量流量センサの断面図である。

【図6】本発明の質量流量センサの部分拡大図である。

【図7】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの制御系を示す回路構成例を示す図である。

【図8】本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの定温度差制御系の回路構成例を示す図である。

【図9】本発明の測温測定用薄膜抵抗を有する質量流量センサの構成を示す図である。

【図10】C1₂ガスを耐腐食性集積化マスフローコントローラに流す前と、C1₂ガスを流した後の質量流量センサ表面の写真である。

【図11】C1₂ガスを用いた場合の耐腐食性集積化マスフローコントローラのバルブアクチュエータに印加される電圧-流量特性を示す図である。

【図12】C1₂ガスの流量に対する質量流量センサの出力電圧の関係を示す図である。

【図13】C1₂ガスの入力圧力に対する質量流量、及びバルブアクチュエータに印加される電圧との関係を示す特性図である。

【図14】C1₂ガスを用いた場合の耐腐食性集積化マスフローコントローラのステップ応答特性の測定結果を示す図である。

【図15】実施例に用いた本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの具体的構成を示す斜視図である。

【図16】実施例に用いた本発明の耐腐食性集積化マスフローコントローラの具体的構成を示す分解斜視図である。

【符号の説明】

1 耐腐食性集積化マスフローコントローラ

2 ボディ

3 凹部

4 ガス流入口

5 ガス流出口

6 バルブシート部

7 ブレート

7a 孔部

8 固定用ブロック

11 質量流量センサ

10 11a リード線

12 バルブアクチュエータ

13 ダイヤフラム部

31 A1N膜

32 抵抗パターン

33a 薄膜抵抗

33b 薄膜抵抗

33c コンタクト部

33d コンタクト部

34 SiO₂膜

20 41 比較器

42 増幅器

44 信号増幅器

45 定電圧源

46 流量設定信号

50 耐腐食性集積化マスフローコントローラ

52 ボディ

52a 入口流通穴

52b 出口流通穴

53 ブレート

30 54 固定用ブロック

55 ダイヤフラム部

56 質量流量センサ

57 バルブアクチュエータ

59 ボルト

61 バルブシート

62 ガasket

71 ガスインレット

72 ガスアウトレット

81 ねじ孔

40 82 抜穴

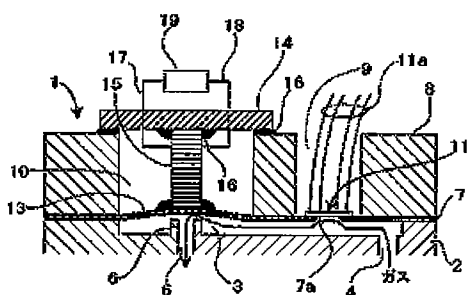
83 ボルト孔

84 蓋体

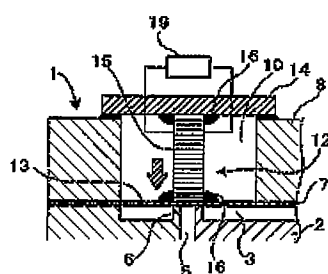
(8)

特開2002-358127

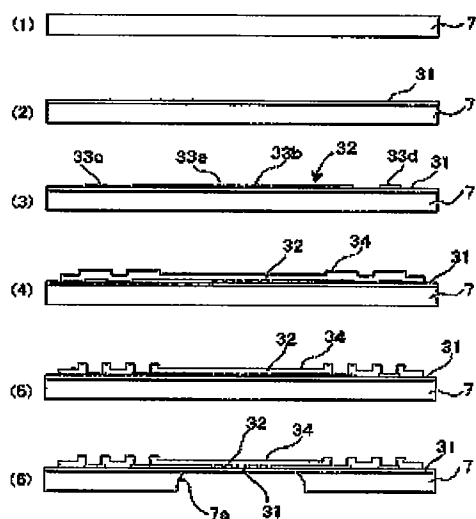
【図1】



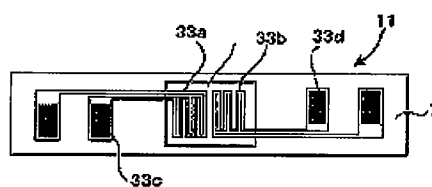
【図2】



【図3】



【図4】

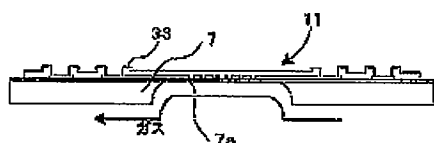


【図10】

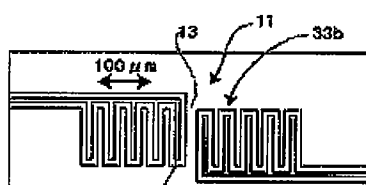


フローセンサーの写真
(a) Cl₂テスト前、(b) Cl₂テスト後

【図5】



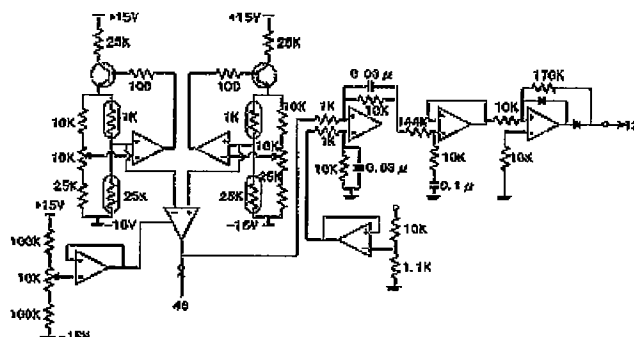
【図6】



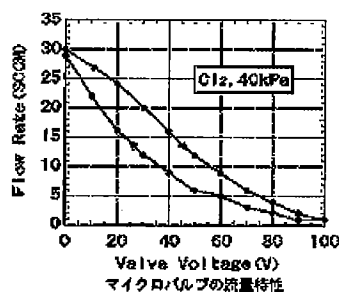
√

特開2002-358127

【圖8】



【图 1-1】



【图 13】

